

(43)公開日 平成9年(1997)5月16日

### 技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数13 O.L (全 21 頁)

(74)代理人 弁理士 高橋 明夫 (外1名)

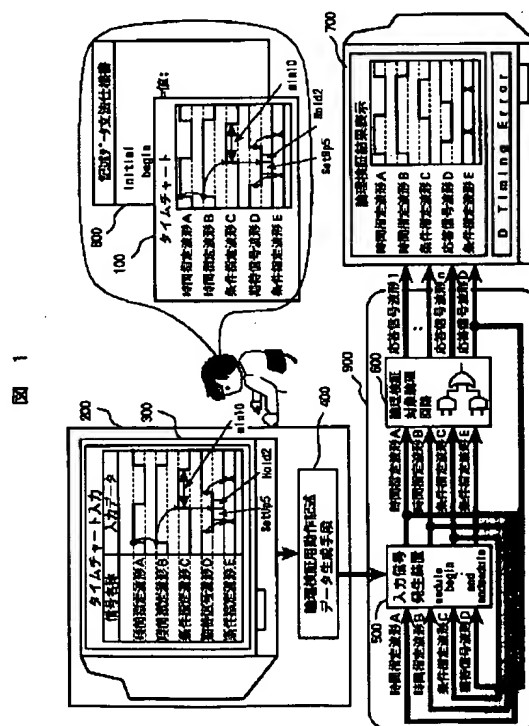
**最終頁に続く**

(54)【発明の名称】 論理回路の検証方法、論理設計支援装置および論理回路検証システム

(57) 【要約】

【課題】プリント回路板やLSIの論理設計段階での論理検証作業に於いて、論理検証のテストデータ作成作業を容易にする。

【解決手段】タイムチャート入力部３００により複数の信号波形のタイムチャートを取り込み、波形データ処理部４１０で各信号波形の変化点を示す条件やタイミング条件を含んだデータを要素解析した時間指定データや条件指定データ等の要素データを、動作データ種類別に波形データテーブル４２０に格納する。一方、論理検証証明動作記述データ文法仕様書８００から、動作データ種類別に記述データマスタフォーマットを取り込み、動作記述データ作成部４４０で、各要素データを基にマスタフォーマットに従って動作記述データを自動生成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 対象の論理回路を検証するための動作記述データを作成し、このデータに基づいて発生したテスト信号を前記論理回路に入力し、その出力信号から論理動作を検証する論理回路の検証方法において、論理回路の動作条件を記述した複数の波形種類のタイムチャートを取り込み、前記タイムチャートまたはそれらの相互関係によって定まる動作種類別データから、前記動作記述データを生成することを特徴とする論理回路の検証方法。

【請求項2】 請求項1において、前記波形種類に、時間指定波形と条件指定波形を含み、前記時間指定波形の変化点の時間に対応して前記条件指定波形の変化点を決定し、条件指定データを作成することを特徴とする論理回路の検証方法。

【請求項3】 請求項2において、前記波形種類に、前記論理動作を予想し時間の概念を含まない期待信号波形と前記条件指定波形（以下、第1の条件指定波形と呼ぶ）とは別の第2の条件指定波形を含み、前記期待信号波形の変化点に対応して前記第2の条件指定波形の変化点を決定し、第2の条件指定データを作成することを特徴とする論理回路の検証方法。

【請求項4】 請求項3において、前記期待信号波形の変化点は、前記時間指定波形または前記第1の条件指定波形の変化点に基づいて決定することを特徴とする論理回路の検証方法。

【請求項5】 請求項3または4において、前記出力信号に含まれ、前記期待信号波形に相応する所定信号が前記期待信号波形と異なる変化の場合に、不一致をメッセージすることを特徴とする論理回路の検証方法。

【請求項6】 請求項1～5のいずれか1項において、前記動作記述データは、前記条件指定データや時間指定データを含む前記動作種類別データ毎に、対応するマスタフォーマットにしたがって記述することを特徴とする論理回路の検証方法。

【請求項7】 対象の論理回路を検証するための動作記述データを作成し、このデータに基づいて発生したテスト信号を前記論理回路に入力し、その出力信号から論理動作を検証する論理回路の検証方法において、波形種類として少なくとも一つの時間指定波形、少なくとも二つ（以下では、第1、第2と呼ぶ）の条件指定波形及び期待信号波形を含む、論理回路の動作条件を記述した複数のタイムチャートを入力され、前記時間指定波形から変化点の時間と値を時系列に取り込む時間指定データ、前記第1の条件指定波形の変化点の一つまたは複数の前記時間指定波形の変化点に対応して設定する第1の条件指定データ、変化点を設定された前記第1の条件指定波形からパルス幅の時間の最大値または最小値を取り込むパルス幅指定データ、前記期待信

号波形のセットアップまたはホールドのタイミングを前記第1の条件指定波形の変化点に対応して設定するセットアップ／ホールド指定データ、前記第2の条件指定波形の変化点を前記期待信号波形のセットアップまたはホールドのタイミングに対応して設定する第2の条件指定データを含む動作種類別の動作記述データをマスタフォーマットに従って生成することを特徴とする論理回路の検証方法。

【請求項8】 計算機装置によって構成され、対象の論理回路のテストデータ発生に用いる動作記述データの作成を支援する論理設計支援装置において、論理回路の動作条件を記述した複数の波形種類のタイムチャートを取り込むタイムチャート入力手段と、前記タイムチャートの波形を要素解析して、動作種類別データを作成する波形データ処理手段と、前記動作種類別データを基に所定のマスタフォーマットに従って前記動作記述データを生成する検証用動作記述データ作成手段と、前記タイムチャートの波形と値を記憶する入力波形記憶手段と、前記動作種類別データを記憶する動作データ記憶手段と、前記動作記述データを記憶する検証用動作記述データ記憶手段と、を有することを特徴とする論理設計支援装置。

【請求項9】 請求項8において、前記タイムチャート入力手段は、画面の位置情報によってマトリクス区分される入力画面上に、波形パターンの記入エリアと波形種類に応じたデータを識別できる記入エリアを設け、これらエリアに入力された波形パターンやデータを前記位置情報と対応づけられた記憶エリアに格納することを特徴とする論理設計支援装置。

【請求項10】 請求項8または9において、前記波形データ処理手段は、入力されたタイムチャートの波形と波形間の相互関係によって定まるデータを基に、時間指定データ、条件指定データ、パルス幅指定データ及びセットアップ／ホールド指定データの動作データ種類に分解し、そのデータ種類毎に記憶することを特徴とする論理設計支援装置。

【請求項11】 請求項10において、前記動作データ種類毎のデータに基づいて、前記タイムチャートの入力画面上で各波形パターンの相互関係を示す補助線を描画することを特徴とする論理設計支援装置。

【請求項12】 対象の論理回路を検証するための動作記述データを入力してテストデータを発生する信号発生装置と、前記テストデータを記憶して前記論理回路を動作させ、その結果を出力する試験装置を備える論理回路検証システムにおいて、前記動作記述データは、請求項8記載の論理設計支援装置によって生成され、出力されることを特徴とする論理回路検証システム。

【請求項13】 請求項12において、

前記論理設計支援装置は、請求項 5 に記載の論理回路の検証方法を適用して構成され、前記試験装置から出力される前記所定信号が前記期待信号波形と異なる変化の場合に、不一致をメッセージする表示装置を備えることを特徴とする論理回路検証システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、プリント回路板や LSI の論理設計に利用される論理検証支援装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、論理検証装置の発達により、プリント回路板や LSI の論理設計段階で、論理回路の動作を検証することができる。論理設計作業は、まず、設計者がブロック図及び論理図を作成する。その後、論理図の作成過程で作成した論理仕様、即ちタイムチャートを基に、検証者が論理検証用テストデータを作成し、論理検証装置によって論理図の動作を検証する。設計者は、論理検証結果を解析して不具合があれば、その内容により、ブロック図・論理図・論理検証用テストデータ等の修正を行い、検証者が再び論理検証を繰り返している。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】従来の論理検証作業で、論理検証用テストデータの作成は、タイムチャート形式で記述された論理回路の動作仕様書を基に、動作記述形式のテストデータを人手によって作成しているため、作業効率が悪く論理検証に長時間を要していた。

【0004】また、動作記述形式のデータの作成には、動作記述形式の記述フォーマットや文法などを熟知している必要があり、作業量に見合う専門技術者の確保に困難があった。さらに、設計部門と検証部門間のインタラクションによって誤作業が発生し、検証ひいては論理回路製品の品質を低下させていた。

【0005】本発明の目的は、論理検証用の動作記述データを自動生成して、論理検証作業の省力化と作業時間の短縮、さらには論理検証品質の向上を図る論理設計支援方法とその装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は対象の論理回路を検証するための動作記述データを作成し、このデータに基づいて発生したテスト信号を前記論理回路に入力し、その出力信号から論理動作を検証する論理回路の検証方法において、論理回路の動作条件を記述した複数の波形種類のタイムチャートを取り込み、前記タイムチャートまたはそれらの相互関係によって定まる動作種類別データから、前記動作記述データを生成することを特徴とする。

【0007】前記波形種類に、時間指定波形と第 1 の条件指定波形を含み、前記時間指定波形の変化点の時間に対応して前記第 1 の条件指定波形の変化点を決定し、条

件指定データを作成することを特徴とする論理回路の検証方法。

【0008】前記波形種類に、前記論理動作を予想し時間の概念を含まない期待信号波形と第 2 の条件指定波形を含み、前記期待信号波形の変化点に対応して前記第 2 の条件指定波形の変化点を決定し、条件指定データを作成することを特徴とする。

【0009】前記期待信号波形の変化点は、前記時間指定波形または前記第 1 の条件指定波形の変化点に基づいて決定することを特徴とする。

【0010】前記出力信号に含まれ、前記期待信号波形に相応する所定信号が前記期待信号波形と異なる変化の場合に、不一致をメッセージすることを特徴とする。

【0011】前記動作記述データは、前記条件指定データや時間指定データを含む前記動作種類別データ毎に、対応するマスタフォーマットにしたがって記述することを特徴とする。

【0012】また、本発明は、計算機装置によって構成され、対象の論理回路のテストデータ発生に用いる動作記述データの作成を支援する論理設計支援装置において、論理回路の動作条件を記述した複数の波形種類のタイムチャートを取り込むタイムチャート入力手段と、前記タイムチャートの波形を要素解析して、動作種類別データを作成する波形データ処理手段と、前記動作種類別データを基に所定のマスタフォーマットに従って前記動作記述データを生成する検証用動作記述データ生成手段と、前記タイムチャートの波形と値を記憶する入力波形記憶手段と、前記動作種類別データを記憶する動作データ記憶手段と、前記動作記述データを記憶する検証用動作記述データ記憶手段と、を有することを特徴とする。

【0013】前記タイムチャート入力手段は、画面の位置情報によってマトリクス区分される入力画面上に、波形パターンの記入エリアと波形種類に応じたデータを識別できる記入エリアを設け、これらエリアに入力された波形パターンやデータを前記位置情報と対応づけられた記憶エリアに格納することを特徴とする。

【0014】前記波形データ処理手段は、入力されたタイムチャートの波形とデータを基に、時間指定データ、条件指定データ、パルス幅指定データ及びセットアップ／ホールド指定データの動作データ種類に分解し、そのデータ種類毎に記憶することを特徴とする。また、これらデータに基づいて、前記タイムチャートの入力画面上で各波形パターンの相互関係を示す補助線を描画することを特徴とする。

【0015】さらに、本発明は、対象の論理回路を検証するための動作記述データを入力してテストデータを発生する信号発生装置と、前記テストデータを入力し記憶している前記論理回路を動作させ結果を出力する試験装置を備える論理回路検証システムにおいて、前記動作記述データは、前記論理設計支援装置によって生成され、

出力されることを特徴とする。

【0016】前記論理回路検証システムは、前記試験装置から出力され、前記期待信号波形に相応する所定信号が前記期待信号波形と異なる変化となる場合に、不一致をメッセージする表示装置を備えることを特徴とする。

【0017】これによれば、論理設計段階における論理検証用テストデータを、タイムチャートを入力して自動化できるので、論理検証作業の省力化と検証期間の短縮を図ることができる。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面にしたがって詳細に説明する。

【0019】図1は、本発明の一実施形態による論理検証システムの概略を示す構成図である。本システムによる論理検証のための入力データは、論理回路の論理動作を波形図で規定したタイムチャート100と、論理検証用動作記述データの記述フォーマットと文法を定義した記述データ文法仕様書800である。

【0020】論理検証支援装置200は計算機装置で構成され、タイムチャート100、仕様書800を入力する入力端末300と、入力されたタイムチャートを要素分解し、記述フォーマットと文法を基に、各要素から論理検証用動作記述データを合成する動作記述データ生成手段400から構成されている。

【0021】論理検証装置900は、動作記述データ生成手段400で生成された論理検証用動作記述データを基に、実際のテスト信号を発生する入力信号発生装置500と、検証対象の論理回路を記憶し、入力信号に対する論理回路の動作結果を出力する計算機装置600及び、論理検証した結果を表示する出力端末700からなる。

【0022】図2は、一実施形態による論理検証支援装置の構成を示すブロック図である。論理検証支援装置200の入力端末300は、タイムチャート入力部310、記述データマスタフォーマット入力部320を具備している。

【0023】タイムチャート入力部310は、時間指定波形や条件指定波形のタイムチャートとタイミング情報を入力できる手段を有している。入力方法としては、タイムチャートを直接グラフィカルに入力する方法と、市販ソフトの表計算ツールや文書作成ツールを利用して信号名称、信号値の変化時間、信号値、タイミング条件等の情報を分離して入力する方法がある。記述データマスタフォーマット入力部320は、仕様書を記憶しているディスクなどの読出し手段を有し、動作記述データの種別別にマスタフォーマットを取り込む。

【0024】動作記述データ生成手段400は、タイムチャートとタイミング情報を取り込み、タイムチャート波形の要素解析をして動作記述データの種別別に整理する波形データ処理部410と、それを記憶する波形デー

タテーブル420と、動作記述種別別に読み込んだマスタフォーマットを記憶するマスタフォーマットファイル430と、動作データ種別別のマスタフォーマットに従って、論理検証用の動作記述データを作成する動作記述データ作成部440と、作成されたデータを記憶する論理検証用動作記述データファイル450を有している。

【0025】図3は、論理検証支援装置の概略の動作を示すフローチャートである。論理設計におけるタイムチャートの作成(S1)と、記述データ文法仕様書の作成(S2)が終了して、論理検証支援装置200による図中の点線内の処理S3～S12が可能になる。

【0026】タイムチャートの信号波形の入力(S3)、時間指定波形の時間の入力と波形データテーブルの作成(S4)、条件指定波形の条件の入力と波形データテーブルの作成(S5)、パルス幅チェック条件の入力と波形データテーブルの作成(S6)、セットアップ(Setup)/ホールド(Hold)タイムのチェック条件の入力と波形データテーブルの作成(S7)を行う。さらに、各波形データテーブルを基に、各信号波形の相互関係を示す矢線等の表示を行う(S8)。

【0027】一方、記述データマスタフォーマットの入力と記憶が行われる(S9、S10)。次に、要素解析結果である動作データ種別別の波形データテーブルを基に、マスタフォーマットに従って論理検証用動作記述データを作成し、記憶する(S11、S12)。

【0028】以下に、各部の詳細な処理動作を説明する。図4、図5は、タイムチャート入力処理の詳細を示すフローチャートである。本例では、入力端末300にCRTを使用し、タイムチャートの入力には市販の表計算ツールソフト311を利用している。図4はステップS3～S5、図5はステップS6～S7の詳細フローである。

【0029】まず、タイムチャート入力のために、表計算ツールソフト311によりワークシートを入力波形画面として表示する(S31)。なお、ワークシートは、入力波形テーブル312として管理される。

【0030】図6に、入力波形テーブル(ワークシート)の一例を示す。入力波形テーブル312は信号名称、ビット数及び入力部の入力セルを有し、入力部は条件入力セル行、時間入力セル行、波形入力セル行及びチェック入力セル行の4行を1組とし、波形種類によって使い分けられる。入力波形テーブル312はマトリクス区分された記憶エリアを有し、画面上をマトリクス区分したセル位置に対応して情報を管理している。各セルには下記(1)～(4)の定義に従って情報を入力される。

【0031】(1)条件入力セル行は、タイミング条件のディレイ時間を数字で記入する。

【0032】(2)時間入力セル行は、その時の値を維持する時間幅を数字で記入する。

【0033】(3) 波形入力セル行は、信号の波形を直線で記入する。

【0034】(4) チェック入力セル行は、信号のパルス幅及び、信号の値を取り込むときのセットアップ／ホールド時間のタイミング条件を、文字と数字で記入する。

【0035】次に、キーボードより、入力波形画面上に信号名称、ビット数を入力し(S32)、波形入力セル行に野線書き込みコマンドで、タイムチャートの波形パターンを描画する(S33)。

【0036】図7に、波形パターンの描画例を示す。1ビットの波形は①または②の形式で、複数ビットのバスラインは③の形式で表し、その時々をキーボードより直接入力する。

【0037】次に、時間指定波形については、キーボードより時間幅を入力する(S4)。図8は、入力波形画面の表示例である。図中に、時間指定波形として、波形A、Bと時間幅を入力した例を示す。なお、時間波形用データテーブルの作成については後述する。

【0038】次に、条件指定波形の条件入力(S5)のため、条件設定画面を呼び出して条件設定を宣言し(S51)、図8の入力波形画面の対象波形Cからの変化点①のセル位置を指示して、位置、値及び信号名称を取り込み(S52)、次に、波形Cに条件を与える波形A、Bの変化点②、③のセル位置を指示して各々の信号名称、変化点の位置、値を取り込み、条件設定画面に表示する(S53)。

【0039】図9に、条件設定画面を示す。図中のディレイ値で示したセルに、条件を与える波形の変化点から対象波形が変化を開始するまでの遅延時間を入力する。

【0040】条件設定が終了すると、画面上のOKボタンを選択して条件設定画面を閉じるとともに、“条件を与える波形(A、B)”の信号名称、変化時のセルの位置、値と、“対象波形(C)”の信号名称、変化時のセルの位置、値を、後述する条件指定用波形テーブルに書き込む(S54)。なお、“対象波形(E)”と“条件を与える波形(D)”についても、同様に処理される。

【0041】ここで、条件指定波形のタイミング条件の指定方法を詳細に説明する。本システムでは、タイミング条件を時間指定波形A、Bから指定する条件指定波形Cの場合と、期待信号波形Dから指定する条件指定波形Eの場合がある。

【0042】前者の場合は、タイムチャートから入力した時間指定波形A、Bの変化点を条件として、条件指定波形Cのタイミング条件を決定する。従って、入力信号発生装置500は論理回路600の動作結果に関係なく、波形信号Cを発生できる。

【0043】後者の場合は、予想される論理動作による変化点を含む時間の概念を持たない期待信号波形Dをタイムチャートで与え、この変化点より条件指定波形Eの

タイミング条件を設定し、最初から入力信号発生装置500で条件指定波形Eを発生している。したがって、条件指定波形Eに対する実時間の設定は、検証対象論理回路600から期待信号波形Dと同じ名称で出力される応答信号波形Dの変化が発生した時点となる。また、応答信号波形Dがある時間以内に所定の論理動作を示さない場合には、不一致のメッセージを出力することにより、動作検証作業を効率化している。

【0044】次に、パルス幅チェック条件の入力(S6)のため、入力波形画面上でチェックしたいパルス幅の真下のチェック入力セル行のセルに、最小チェックであればminとその時間、最大チェックであればmaxとその時間をキーボードより入力する。この入力例を、図8の波形Cに示す。

【0045】次に、セットアップ／ホールドのタイミング条件の入力(S7)のため、タイミング設定画面を呼び出し(S71)、期待信号波形Dのチェック入力セル行のセル位置を指示し、その位置、値、信号名称を取り込み(S72)、セットアップ／ホールドのチェック時間をタイミング設定画面に入力する(S73)。

【0046】図10に、タイミング設定画面を示す。画面上には、対象信号名称(期待信号波形D)のセットアップ時間、ホールド時間及びセル位置と、条件信号名称(条件指定波形C)の条件信号値、条件信号位置の設定位置が表示されている。

【0047】次に、入力波形画面上で、セットアップ／ホールドのチェック条件となる波形Cの変化点のセル位置を指示して、信号名称、変化点の位置、値を取り込んで(S74)、セットアップ／ホールドのチェック時間、条件指定信号波形の位置、値、信号名称を、セットアップ／ホールド指定波形用テーブルに書き込む(S75)。

【0048】ここで、波形用データテーブルの作成方法を詳細に説明する。主に、上記で説明しなかった時間指定波形用データテーブルと、パルス幅指定波形用データテーブルの作成について説明する。

【0049】図11に、一部の波形用データテーブルの作成処理のフローチャートを示す。まず、図9の画面(実際には、入力波形テーブル)上で、時間指定入力セル行を左から順に読み、セル内の数字の有無を調べる(S41)。数字が有れば時間指定波形と認められるので、信号名称、ビット数のセルを讀出し、時間指定波形テーブルに書き込む(S42)。さらに、時間入力セル行を順に調べ、数字が有ればその数字(時間幅)とその時の値(High/Low)を時間指定波形テーブルに書き込む(S43)。

【0050】同様に、チェック指定入力セル行を左から順に読み、パルス幅指定文字min/maxの有無を調べる(S61)。パルス幅指定の文字が有れば、パルス幅チェック指定波形と認められるので、信号名称、ビッ

ト数のセルを読み出し、パルス幅指定波形テーブルに書き込む（S62）。さらに、読んだ文字がminであれば、“<”を、maxであれば“>”を、maxまたはminの時間、パルス幅の値、パルスの開始/終了セル位置とともに、パルス幅指定波形テーブルに書き込む（S63）。

【0051】図12に、波形用データテーブル記憶形式を示す。各テーブルでは、第1行に対象信号名称、第2行以下に対象信号のデータを記入している。

【0052】同図（a）-1は、時間指定波形用テーブルの一般形式、（a）-2は、図8の時間指定波形Aの入力例である。時間指定波形Bも同様になる。同図

（b）-1は、条件指定波形用テーブルの一般形式で、（b）-2は、条件指定波形Cの入力例である。（b）-3は、条件指定波形Eの入力例で、対象信号がバスラインの場合、値は（OF/FF）のように表現する。本例では、条件が真（=0）のとき：OF、条件が偽（=1）のときFFになる。

【0053】同図（c）-1は、パルス幅指定波形用テーブルの一般形式で、（c）-2は、図8の条件指定波形Cの入力例である。同図（d）-1は、セットアップ/ホールド指定波形用テーブルの一般形式で、（d）-2は、図8の期待信号波形Dの入力例である。

【0054】次に、信号の相互関係を表示する処理方法を詳細に説明する。この相互関係の表示は検証用動作記述データの生成に直接には関係しないが、ユーザがタイムチャートから動作関係を把握するのを容易にする。

【0055】図13は、信号相関関係の表示処理（S8）を示すフローチャート、図14は、その表示結果を示す入力波形画面である。

【0056】まず、条件指定波形の相関関係の表示を行う（S81）。具体的には、図12（b）-2の条件指定波形用テーブルより、条件指定波形のセル位置（波形AのD4/波形BのD8）と変化する波形のセル位置（波形CのK12）を読み、表計算ツールの曲線ライン発生コマンドで、図示のように両セル位置を矢印付き曲線ラインで結ぶ。本例のように条件が複数ある場合は、変化する波形のセル位置（波形CのK12）に近い方の条件指定波形のセル位置（波形BのD8）を矢印付き曲線で結び、この条件（波形BのD8）と残りの条件のセル位置（波形AのD4）を矢印無しの曲線で結ぶ。

【0057】次に、パルス幅の矢印表示を行う（S82）。具体的には、図12（d）-2のパルス幅指定波形用テーブルより、パルスの開始点と終了点のセル位置を調べ、両セル位置間を図示のように矢印付き直線で結ぶ。

【0058】次に、セットアップ/ホールドチェック条件の相関関係の表示を入力セル行う（S83）。具体的には、セットアップ/ホールド指定波形用テーブルより、セットアップ/ホールドのチェック条件となる波形

の変化点のセル位置（信号CのK12）と、チェックする側のセル位置（波形DのK16）を矢印付き直線で結ぶ。なお、期待信号波形Dと、条件波形Eの相互関係についても、ステップS81と同様にして表示する。

【0059】次に、記述データマスターフォーマットの入力方法を詳細に説明する。

【0060】図15は、記述データマスターフォーマットの入力方法を示すフローチャートである。まず、入力する文法の動作データ種類を、時間指定波形データ、条件指定波形データ、パルス幅指定波形データ、セットアップ/ホールド指定波形データから順次、選択して指定し（S91）、指定された種類に対応する文法のファイルを開き（S92）、記述データ文法仕様書800より種類別の記述データマスターフォーマットを入力する（S93）。最後に、動作データ種類別にファイル430に記憶する（S10）。

【0061】図16、図17に、動作データ種類別の記述データマスターフォーマットの例を示す。同図の（a）は時間指定波形用、（b）は条件指定波形用、（c）はパルス幅指定波形用、（d）はセットアップ/ホールド指定波形用の各フォーマットである。マスターフォーマットの信号名、値、ディレイ値などの変数には、各動作データ種類別にテーブルに設定したデータが入る。なお、データを繰返し複数記入する可能性がある部分は、括弧〔 〕を記入している。

【0062】次に、論理検証用動作記述データの生成方法を詳細に説明する。

【0063】図18は、論理検証用動作記述データの生成方法（S11）を示すフローチャートである。ここでは、条件指定波形用テーブル（図12（b）-2）の例で説明する。

【0064】まず、データ取り込み済の波形用テーブルを読み込む（S111）。次に、同一動作データ種類の記述データマスターフォーマットを開く（S112）。そして、記述データフォーマット中の変数（信号名、値など）を、波形用テーブルの該当データで書き換える（S113）。

【0065】この結果、図示の条件指定用動作記述データが生成される。マスターフォーマットの条件信号名の記入欄には括弧〔 〕があるので、条件指定波形用テーブルの条件信号A、B双方の名称や値が書き込まれる。なお、波形用テーブルの変数名は、マスターフォーマットの変数名と対応付けられている。

【0066】図19、図20に、動作データ種類別の論理検証用動作記述データの例を示す。同図の（a）は時間信号波形A、（b）は時間信号波形Bの各時間指定波形用テーブルに書き込まれたデータを、時間指定波形用のマスターフォーマットに従って記述した時間指定用動作記述データである。

【0067】これにより、時間指定波形Aは開始後5単

位時間Low、40単位時間High、40単位時間Low、終了までHighと記述される。同様に、時間指定波形Bは開始後5単位時間Low、80単位時間High、終了までLowと記述される。

【0068】(c)は条件指定波形Cの条件指定波形用テーブルを基に、波形Cは波形A、波形Bが共にHighに変化してから35時間単位後にHighに変化し、そうでなければLowと記述される。

【0069】(d)は条件指定波形Eの条件指定波形用テーブルを基に、波形Eは期待信号波形DがLowに変化してから10単位時間後に次のバスのデータを取り込むと記述される。これにより、時間概念を含まない対象論理回路の動作を示す期待信号波形Dにより、条件指定波形Eのタイミング条件を記述できる。

【0070】(e)は波形Cのパルス幅指定波形用テーブルを基に、条件指定波形Cが立ち上がりしてから落ちるまで、最低10単位時間保証する動作を記述できる。

【0071】(f)は波形Dのセットアップ/ホールド指定波形用テーブルを基に、期待信号波形Dは条件指定波形CがHighになったときに、セットアップが5単位時間、ホールドタイム2単位時間を保証する動作を記述できる。

【0072】以上により、本実施形態の論理検証支援装置200により、入力されたタイムチャートに基づいた論理検証用動作記述データの生成方法について説明した。次に、この動作記述データによる論理検証装置900の動作を説明する。

【0073】図21は、論理検証装置900の動作を示す説明図である。図中、A00は論理検証装置の概略動作を表す概念図である。以下、この概念図により説明する。対象論理回路A02は、論理図入力手段を通して論理検証装置を構成する計算機600に、論理素子と接続関係を示すソフトウェアで記憶されている論理図である。

【0074】入力信号発生装置A01は本例の場合、波形A、Bに対応する時間指定用動作記述データ、波形C、Eに対応する条件指定用動作記述データ、波形Cに対応するパルス幅指定用動作記述データ、波形Dに対応するセットアップ/ホールド指定用動作記述データを取り込み、波形A、B、C及びEの入力信号(テストデータ)を発生する。

【0075】検証対象の論理回路A02は、入力信号A、B、C及びEと、その入力信号の波形に対する論理検証結果(テスト結果)を含む応答信号1～n及び、期待信号波形Dに対応する応答信号Dを出力する。入力信号A、B、C及び応答信号Dは、入力信号発生装置A01にフィードバックされ、期待信号波形Dと応答信号Dの波形が不一致のとき又は、波形Cのパルス幅チェックや波形Dのセットアップ/ホールドのタイミングに不具合があれば、それらを示すメッセージが表示される。不具

合のメッセージが表示されなければ、論理回路は期待通りの論理動作を実行していることが確認される。

【0076】以上のように、本実施形態の論理検証システムによれば、タイムチャートを入力することで論理検証用動作記述データを生成する論理検証支援装置を備えて、検証用動作記述データの作成作業を回避化している。

【0077】また、論理動作の結果として与えられる条件を、予想される論理動作を模擬した期待信号波形とそれにより条件設定される条件指定波形のタイムチャートにより最初から与えて、試験途中での条件設定を大幅に削減している。

【0078】ちなみに、IC搭載が130個程度のプリント板回路で、従来はテストデータの作成に30人・日を要していたのが、本実施例により7人・日に短縮された。また、論理規模が3kゲート程度のLSI論理回路の設計で60人・日を要していたのが、ほぼ半減できるようになった。

【0079】

【発明の効果】本発明の論理設計支援方法によれば、論理回路の設計段階で作成するタイムチャートを入力して、論理検証用の動作記述データを自動生成できるので、検証作業の時間を大場に短縮できる効果がある。

【0080】本発明の論理設計支援装置によれば、タイムチャートの入力によって論理検証用の動作記述データを自動生成でき、また、タイムチャートの要素や相互関係が画面表示できるので、検証作業が容易になる。また、未熟練者などによる動作記述ミスが低減され、論理検証の質的向上が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態による論理回路検証システムの概略構成図。

【図2】本発明の一実施形態による論理設計支援装置の構成を示すブロック図。

【図3】本発明の一実施形態による論理回路検証方法の動作を示すフローチャート。

【図4】タイムチャート入力の詳細な手順を示すフローチャート。

【図5】タイムチャート入力の詳細な手順を示すフローチャート。

【図6】入力波形テーブル(ワークシート)のフォーマット図。

【図7】入力波形の一例を示す波形パターン図。

【図8】タイムチャートの入力例を示す入力波形画面。

【図9】タイムチャートの条件を設定する条件設定画面。

【図10】タイムチャートのタイミング条件を設定するタイミング設定画面。

【図11】条件指定波形の条件を設定する手順を示すフローチャート。

【図12】動作種類別の動作データテーブルを示すフォーマット図。

【図13】タイムチャート波形間の相互関係を示す表示処理のフローチャート。

【図14】タイムチャートの相互関係を描画した入力波形画面。

【図15】動作記述マスタフォーマットの入力処理を示すフローチャート。

【図16】動作種類別のマスタフォーマットの具体例を示す説明図。

【図17】動作種類別のマスタフォーマットの具体例を示す説明図。

【図18】動作種類別の動作データから論理検証用の動作記述データを生成する処理の説明図。

【図19】論理検証用動作記述データの具体例を示す説明図。

【図20】論理検証用動作記述データの具体例を示す説明図。

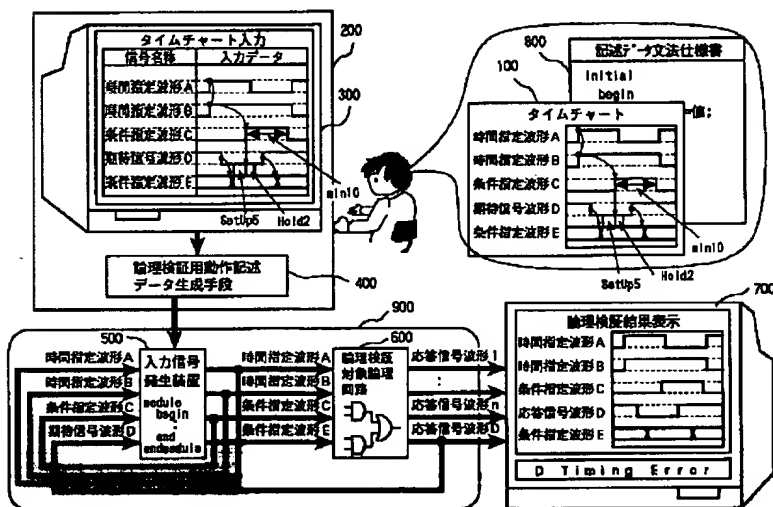
【図21】論理回路検証システムの動作を概念適に説明する説明図。

【符号の説明】

100…タイムチャート、200…論理検証支援装置、300…入力端末（CRT）、310…タイムチャート入力部、311…表計算ツールソフト、312…入力波形テーブル、320…記述データマスタフォーマット入力部、400…動作記述データ生成手段、410…波形データ処理部、420…波形データテーブル、430…マスタフォーマットファイル、440…動作記述データ作成部、500…入力信号発生装置、600…計算機装置（論理回路）、700…出力端末、800…記述データ文法仕様書、900…論理検証装置。

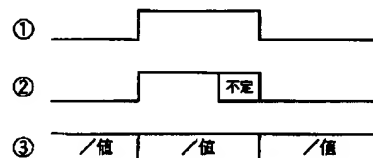
【図1】

図 1



【図7】

図 7



【図9】

図 9

条件設定画面		
信号名称	位置	値
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
ディレイ値		<input type="text"/>
(OK)		

【図10】

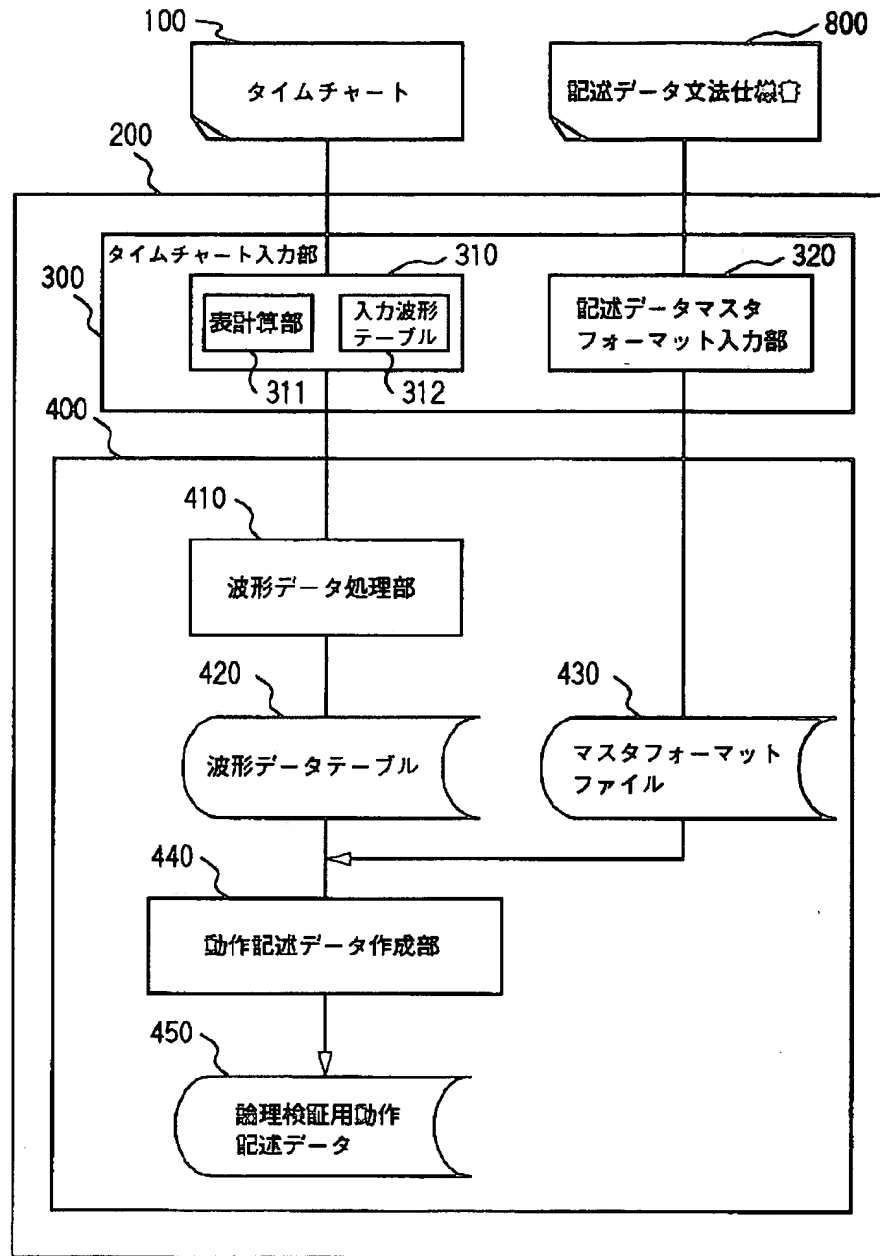
図 10

タイミング設定画面			
対象信号名称	Setup時間	Hold時間	位置
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
条件信号名称 条件信号値 条件信号位置			
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
(OK)			



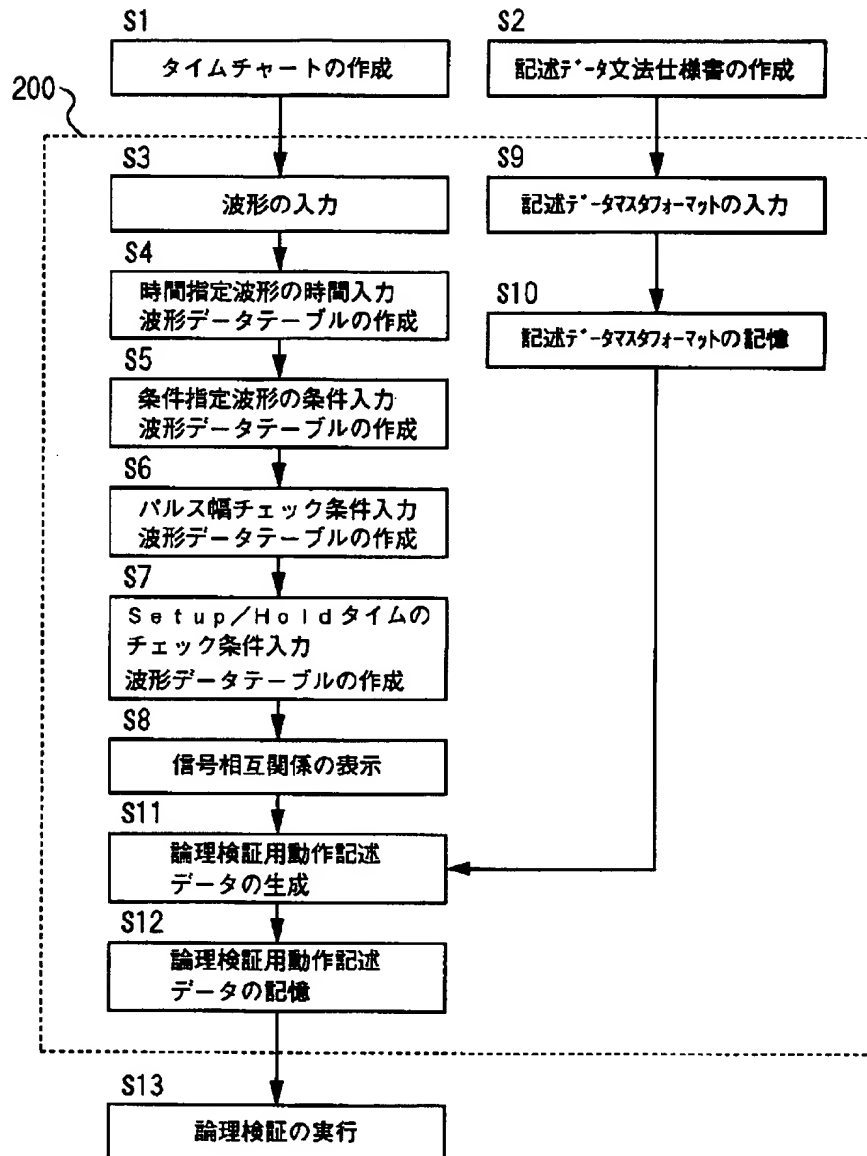
【図2】

図 2



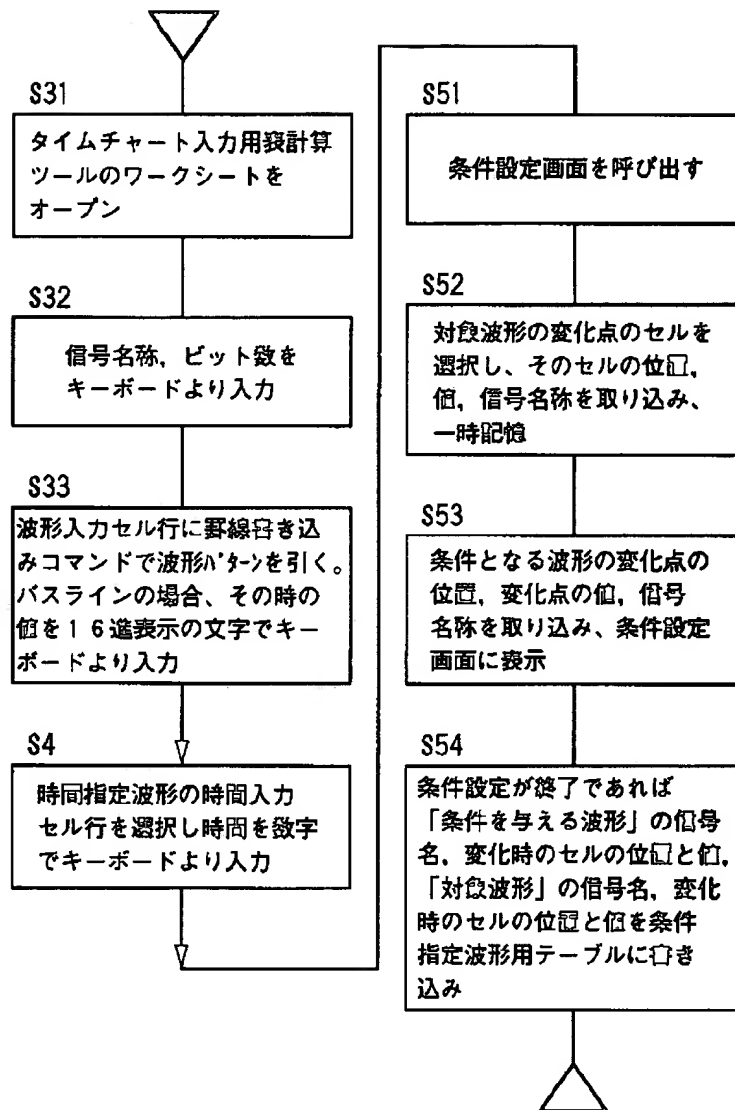
【図3】

図 3



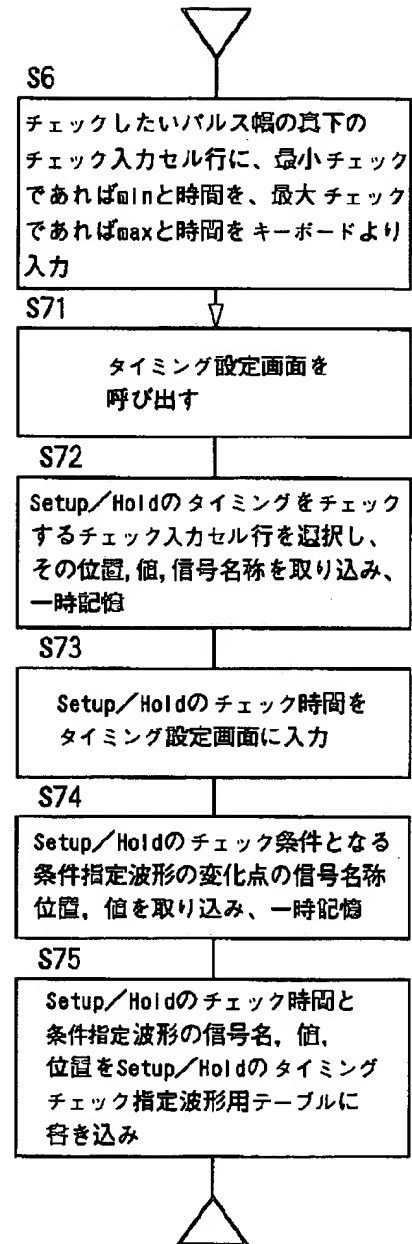
【図4】

図 4



【図5】

図 5

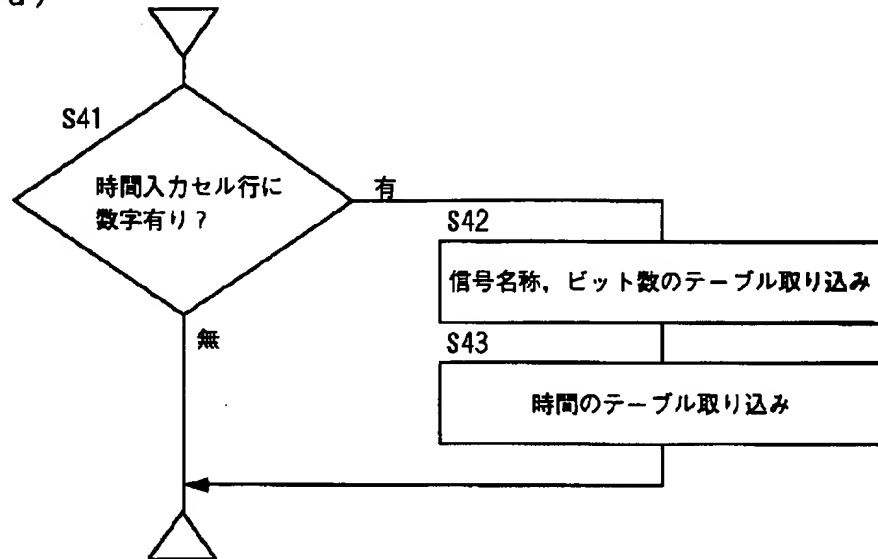




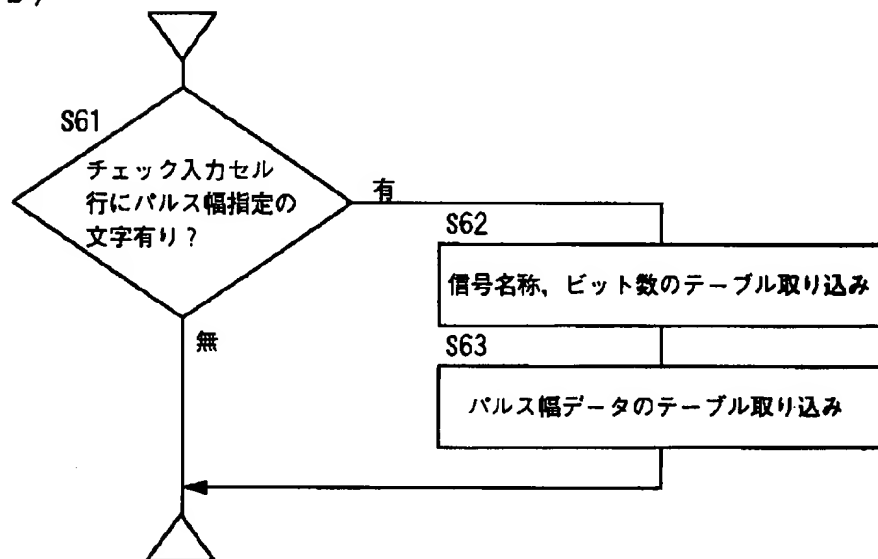
【図11】

図 11

(a)



(b)



【図 1 2】

## 図 1 2

(a)-1 時間指定波形用  
テーブル形式例

対象信号名	
時間 1	値 1
時間 2	値 2
時間 3	値 3
時間 4	値 4
⋮	⋮
時間 n	値 n

(a)-2 時間指定波形用  
テーブル入力例

A	
5	0
4 0	1
4 0	0
4 0	1

(b)-1 条件指定波形用テーブル形式例

対象信号名	値	デレイ	位置
条件信号名 1	値 1	—	セル位置 1
条件信号名 2	値 2	—	セル位置 2
条件信号名 3	値 3	—	セル位置 3
条件信号名 4	値 4	—	セル位置 4
⋮	⋮	⋮	⋮
条件信号名 n	値 n	—	セル位置 n

(b)-2 条件指定波形用テーブル入力例

C	1	3 5	K12
A	1	—	D4
B	1	—	D8

(b)-3 条件指定波形用テーブル入力例

E	0F/FF	1 0	H2D
D	0	—	F16

(c)-1 パルス幅指定波形用  
テーブル形式例

信号名			
</>	時間	値	セル位置

(c)-2 パルス幅指定波形用  
テーブル入力例

C			
<	1 0	1	K12

(d)-1 Setup/Hold指定波形用  
テーブル形式例

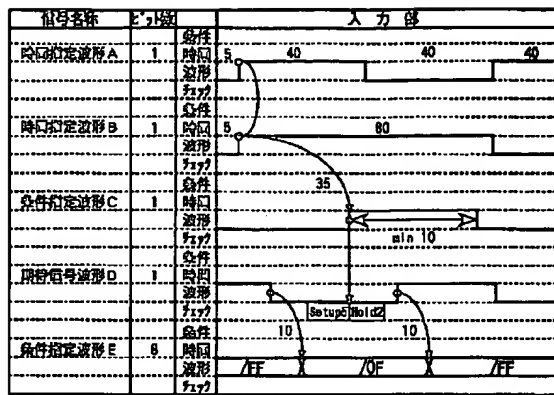
対象信号名	Setup	Hold	セル位置
条件信号名	値	—	セル位置

(d)-2 Setup/Hold指定波形用  
テーブル入力例

D	5	2	K16
C	1	—	K12

【図14】

図 14



【図15】

図 15

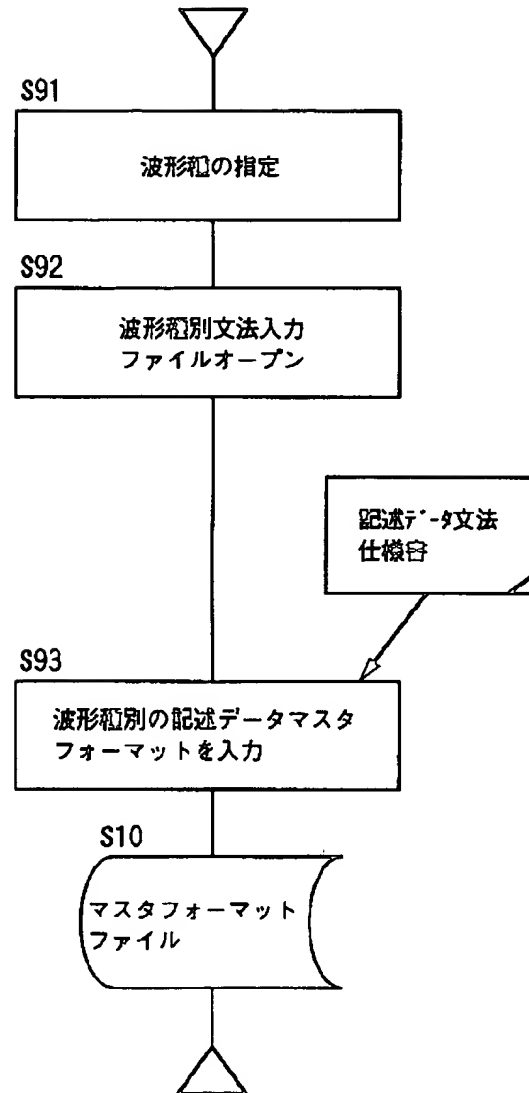


図 16

## (a) 時間指定波形用記述データマスタフォーマット

```
initial
begin
```

```
    [#時間, 信号名=値;]
```

```
end
```

[ ] : 繰り返し表現

## (b) 条件指定波形用記述データマスタフォーマット

```
always @ (条件信号名1 [ or 条件信号名n ] )
begin
```

```
    if (条件信号名1==値1 [ & & 条件信号名n==値n ] )
        #ટેილე 対象信号名称 = 値 ;
```

```
    else
        #ટેილე 対象信号名称 = not値 ;
```

```
end
```

## (c) ハルス幅指定波形用記述データマスタフォーマット

```
always @ (対象信号名)
begin
```

```
    if (対象信号名==値)
        #ટેილე CTIME = $time ;
```

```
    else
        #ટેილე CWCHK = $time - CTIME ;
```

```
end
```

```
always @ (CWCHK)
begin
```

```
    if (CWCHK<値)
        #ટેილე $print (" 対象信号名 Signal Width Timing Error" );
```

```
end
```



【図 17】

図 17

(d) Setup/Hold指定波形用記述データマスタフォーマット

```

always @ (条件信号名)
begin
    if (条件信号名==値)
        # Delay CHTIME = $time ;
        # Delay CSCHK = $time - CHTIME ;

    end

always @ (対象信号名)
begin
    # Delay DSTIME = $time ;
    # Delay DHCHK = $time - CHTIME ;

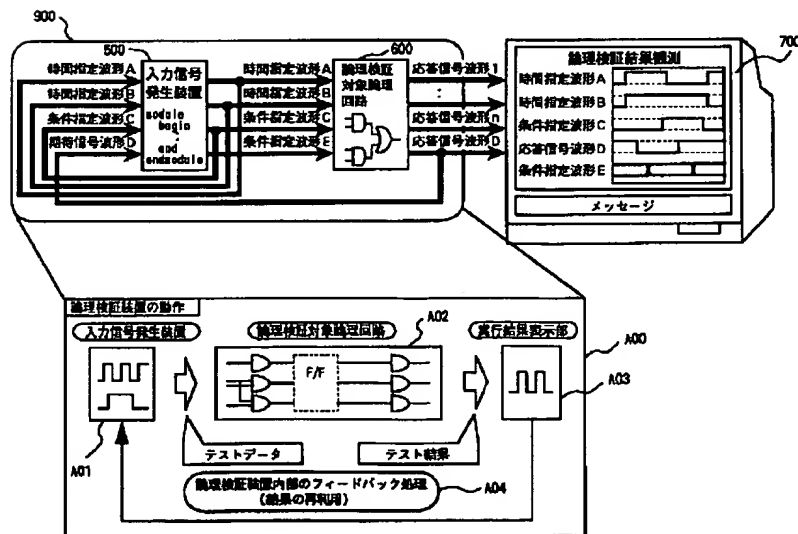
    end

always @ (DSCHK or DHCHK)
begin
    if (DSCHK<Setup)
        # 0 $print (" 対象信号名 Signal Setup Timing Error" ) ;
    if (DHCHK<Hold)
        # 0 $print (" 対象信号名 Signal Hold Timing Error" ) ;

    end
end
    
```

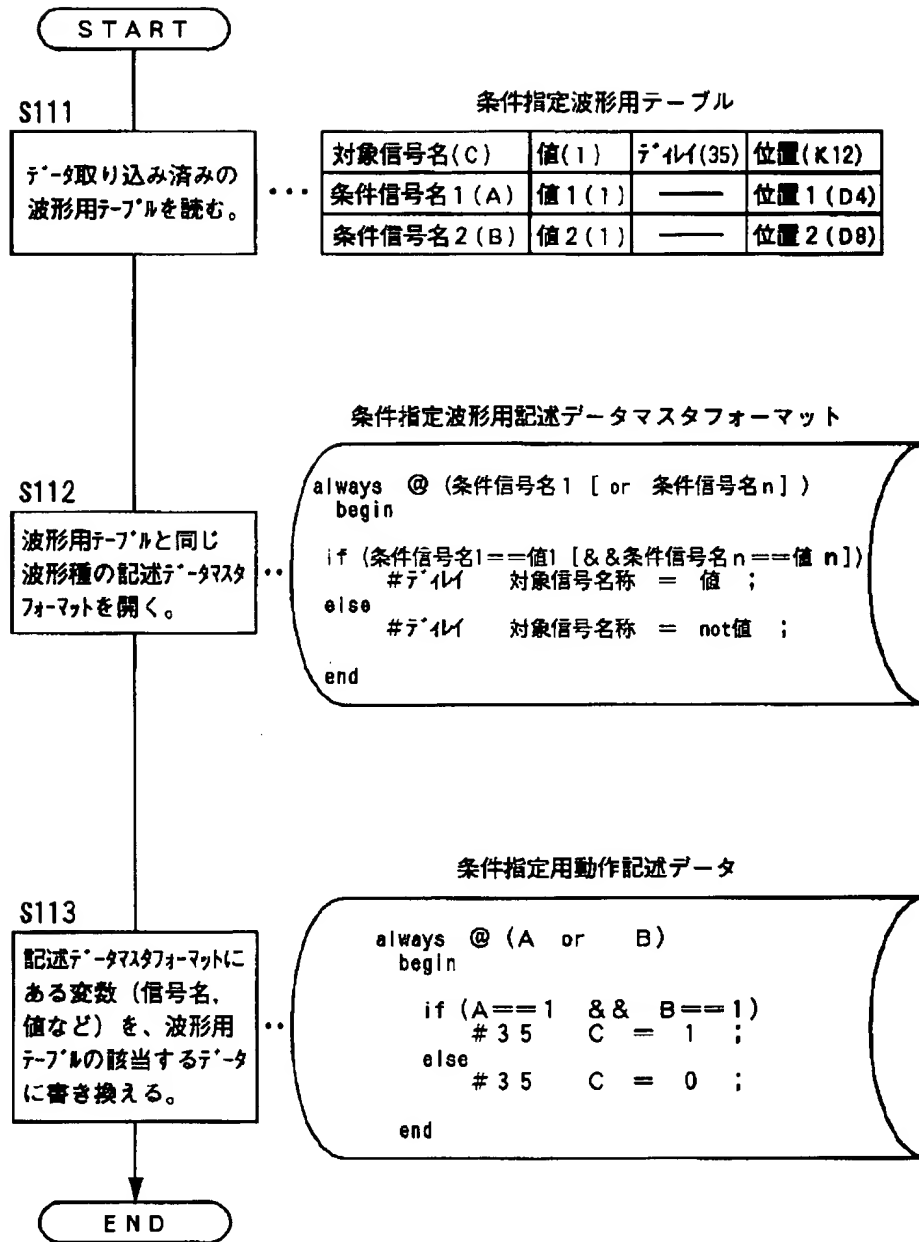
【図 21】

図 21



【図18】

図 18



(a)

```
initial
begin
    #0   A = 0 ;
    #5   A = 1 ;
    #40  A = 0 ;
    #40  A = 1 ;
    ;
end
```

(c)

```
always @(A or B)
begin
    if (A==1 && B==1)
        #35 C = 1 ;
    else
        #35 C = 0 ;
end
```

(b)

```
initial
begin
    #0   B = 0 ;
    #5   B = 1 ;
    #80  B = 0 ;
    ;
end
```

(d)

```
always @(D)
begin
    if (D==0)
        #10 E = /0F ;
    else
        #10 E = /FF ;
end
```

【図20】

図 20

(e)

```
always @ (C)
begin
    if (C==1)
        #0 CTIME = $time ;
    else
        #0 CWCHK = $time - CTIME ;
    end
always @ (CWCHK)
begin
    if (CWCHK<10)
        #0 $print (" C signal Wltdh Timing Error" ) ;
    end
end
```

(f)

```
always @ (C)
begin
    if (C==1)
        #0 CHTIME = $time ;
        #0 DSCHK = $time - DSTIME ;
    end
always @ (D)
begin
    # 0 DSTIME = $time ;
    # 0 DHCHK = $time - CHTIME ;
    end
always @ (DSCHK or DHCHK)
begin
    if (DSCHK<5)
        #0 $print (" D signal Setup Timing Error" ) ;
    if (DHCHK<2)
        #0 $print (" D signal Hold Timing Error" ) ;
    end
end
```

フロントページの続き

(72)発明者 榊原 哲

茨城県日立市大みか町五丁目2番1号 日立  
立プロセスコンピュータエンジニアリング  
株式会社内

(72)発明者 渡辺 健久

茨城県日立市大みか町五丁目2番1号 日立  
立プロセスコンピュータエンジニアリング  
株式会社内

(72) 発明者 河村 敏明

茨城県日立市大みか町五丁目 2 番 1 号 日  
立プロセスコンピュータエンジニアリング  
株式会社内

(72) 発明者 石橋 靖雄

茨城県日立市大みか町五丁目 2 番 1 号 株  
式会社日立製作所大みか工場内